

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

[0008]

[Means for Solving the Problem]

For a magnetic head in which the air bearing surface (ABS) of the slider is formed to have steps on the inflow end side thereof to prevent the ABS from sticking to the magnetic disk surface while the disk is at rest, the objective of the invention mentioned above is achieved by setting the value $t\theta$ to less than 5 nm, where θ is the angle (rad) that the ABS makes with the disk surface; t is the distance between the outflow end of the ABS and the electromagnetic transducer. FIG. 1 shows the principle. As shown, the slider 6 has projections or steps on the ABS 6, which allows the slider to rest at an angle with respect to the disk surface. The slider/disk contact area is thereby reduced, which serves to prevent the slider from sticking to the disk surface. Setting the value of $t\theta$ to less than 5 nm also makes it possible to minimize the distance between the electromagnetic transducer and the disk surface. This design can also provide good electromagnetic transducing characteristics. To make $t\theta$ smaller, it is effective to dispose the electromagnetic transducer close to the outflow end of the ABS, in particular. In the invention, portions c are provided on the outflow end side of the slider 6 to yield better effects. The invention may be carried out not only by employing a procedure by which the electromagnetic transducer is disposed

near the pole at the outflow end through a precise alignment before processing the ABS, but by performing ion milling, FIB or machine processing to implement the configuration as recited in claim 4 or claim 5.

[0009]

[Mode for carrying out the invention]

Embodiments of the invention are described in detail below.

(Embodiment 1)

The ABS of a 50% negative pressure slider made of Al_2O_3 -TiC and having extremely small dimensions was processed through a milling procedure using two masks. The projections of the slider, which are one of the features of the invention, were first formed, and then a recessed portion was formed through milling, thereby giving the slider a shape as shown in FIG. 2. In FIG. 2, the difference in level between the portions a and b of the slider is $0.5 \mu\text{m}$; the distance between the stepped portion and the outflow end of the slider is about $1,300 \mu\text{m}$. The difference in level between the portion b and the recessed portion 15 is $4 \mu\text{m}$. The portions c were formed so that the outflow end of the slider makes an angle of 0.5° with respect to the ABS. FIG. 3 shows the details. The distance t from the electromagnetic transducer to the joint between the portion c and the ABS is about $8 \mu\text{m}$. Accordingly, in this embodiment the value of t_0 is approximately 3.1 nm . On the surface of the slider, an underlying film of Si and a protection film of carbon were deposited by CVD to a thickness of 7 nm each, to make a

sample for evaluation.

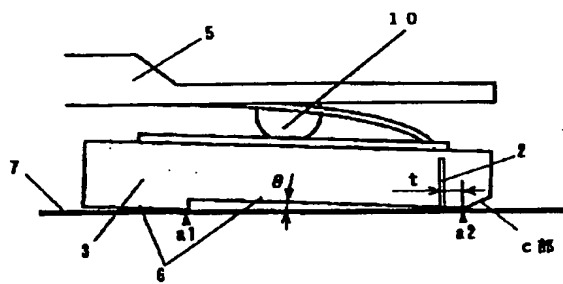


FIG. 1

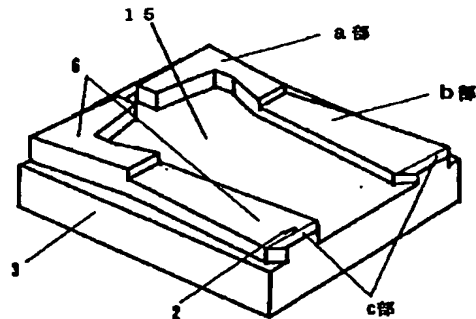


FIG. 2

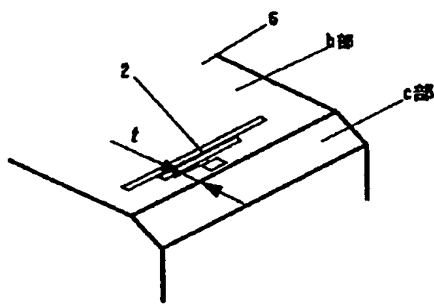


FIG. 3

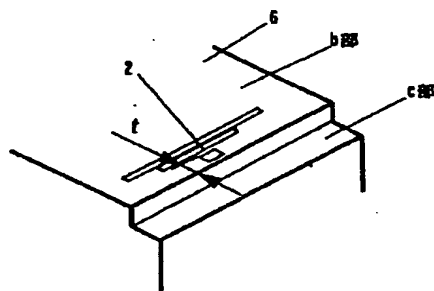


FIG. 4

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11 - 185418

(43) 公開日 平成11年(1999)7月9日

(51) Int. Cl.⁶

G 1 1 B. 21/21

識別記号

1 0 1

F I

G 1 1 B 21/21 1 0 1 Q

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平9-348285

(22) 出願日

平成9年(1997)12月17日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 杉山 隆

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 鈴木 勝

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 二反田 文雄

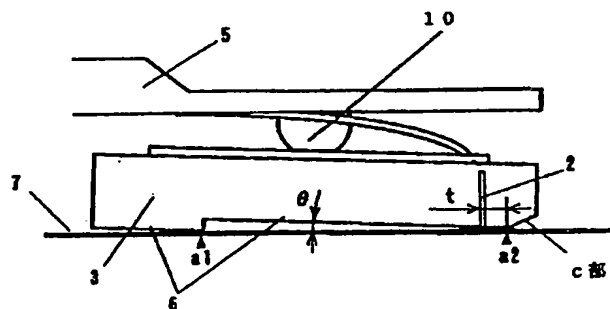
埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(54) 【発明の名称】 浮上式磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 CSS方式の磁気ディスクドライブに用いられる浮上式磁気ヘッドに関し、ディスク回転停止時に鏡面吸着が発生せず、かつ電磁変換素子における浮上量を小さくできる磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 停止時に磁気ディスク表面と接触するスライダ面にABS面の流入端側に段差を設けたヘッドにおいて、そのABS面とディスク表面とのなす角を θ (rad)、ABS面の流出端と電磁変換素子との距離を t としたとき、 $t \theta$ の値を5 nm未満とした浮上式磁気ヘッド。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スライダーの流出端近傍に電磁変換素子を備え、空気軸受け面（ABS 面）を磁気ディスクに対向させながら所定の浮上量をもって前記磁気ディスクに情報を記録再生するコンタクト・スタート・ストップ方式を採用した浮上式磁気ヘッドにおいて、前記流出端の角部を取り除くと共に、前記 ABS 面が磁気ディスク停止時に磁気ディスク面に対し平行でない所定の角度を持って接触していることを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記 ABS 面が段差のある複数の平行な面で構成することを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【請求項 3】 請求項 1 において、スライダー本体を支持するサスペンションのピボット点とスライダーの流入端までの間の ABS 面側に突起を設けたことを特徴とする浮上式ヘッド。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかにおいて、ABS 面とディスク表面とのなす角を θ (rad)、ABS 面の流出端と電磁変換素子との距離を t とすると、 $t\theta$ が 5 nm 未満となっていることを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【請求項 5】 請求項 4 において、スライダーのディスク対向面の ABS 面の流出端に接する面が、ABS 面に対してある角度を持った斜面となっていることを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はコンピュータ等に搭載される磁気ディスクドライブに用いられる磁気ヘッドに関し、特に静止時における磁気ディスクとの摩擦力を減少させる効果がある磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】 コンピュータ等に用いられる磁気ディスクドライブは、磁気記録媒体である磁気ディスクの回転に伴って磁気ディスク表面近傍に生じる粘性流を利用して磁気ヘッドを浮上させる方式を採用している。図 5 に従来から使用されている磁気ヘッドの一例を示す。磁気ヘッド 1 は電磁変換器 2 がスライダー 3 の流出端近傍に固定された構造であり、スライダー 3 はジンバル 4 を介してスプリングアーム 5 に固定される。このスプリングアーム 5 は図示されていないボイスコイルモーター等によって駆動され、ヘッドの位置制御がなされる。上記磁気ヘッドはスプリングアーム 5 のバネの力でそのスライダーの ABS 面 6 が磁気ディスク（図中では省略）に押しつけられているため、磁気ディスクが回転していないときは両者は接触している。また、動作中の磁気ヘッド 1 はピボット 10 を中心にしてその姿勢角を変えるようになっている。

【0003】 磁気ディスクが回転すると、磁気ディスク面近傍に粘性流が発生し、この空気がスライダーの A

BS 面 6 に作用することにより、磁気ヘッド 1 は磁気ディスク表面から浮上する。この方式はコンタクト・スタート・ストップ（以下、CSS と省略）方式と呼ばれ、現在ほとんど全ての磁気ディスクドライブに採用されている方式である。良好な記録再生特性を得るために、この磁気ヘッドの浮上量は低いほどよく、安定に低い浮上量を確保するために、スライダーの ABS 面 6 は様々な形状に加工されている。一般に、この ABS 面 6 は図 5 に示すように滑らかな平面として形成され、磁気ディスクが停止している場合にはスライダーの ABS 面 6 の全体が磁気ディスクの表面に接触することになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような浮上式磁気ヘッドのスライダーは磁気ディスクの回転が停止している時には、接触している磁気ディスクとの間に鏡面吸着が発生しやすく、この鏡面吸着力に打ち勝つために起動時に必要なトルクが大きくなるという問題点がある。磁気ディスクドライブのモーターの起動トルクは省電力化を図るために必ずしも大きくはなく、最悪の場合には吸着のために起動できなくなるおそれがある。このような課題を解決するための有効な手段としては、磁気ディスクとヘッドスライダーの接触面積を小さくして鏡面吸着の発生を防止することが有効である。実際に従来よりディスクの表面にテクスチャー加工と呼ばれる微細な凹凸を設けてスライダーとディスクとの接触面積の低減を図っているが、安定な浮上量を確保する必要性から大きな凹凸を設けることは困難であり、鏡面吸着の発生を完全に対策するには至っていない。

【0005】 スライダー側の ABS 面を特開平 9-63

030 号公報に見られるように、磁気ディスクと同様に ABS 面を粗くする試みがなされているが、この技術では粗さのコントロールが困難であることから安定した特性を得るのが難しいという問題点があった。また、安定した製造条件を設定することが困難であった。

【0006】 ディスク回転停止時において、ヘッドスライダーとディスク対向面との接触面積を低減させる別の試みとして、特開平 6-203514 号公報に開示されているように、ABS 面の流入端側に段差を設ける方法がある。この方法は磁気ディスクが回転していない時には図 6 に示すようにスライダーはディスク表面に対して平行でないある角度をもって接することになる。この手段により両者の接触面積は小さく抑えられ、鏡面吸着の発生を防止する手法としては有効である。しかし、ヘッドの電磁変換素子とスライダーの ABS 面の流出端からの距離 t とし、さらに ABS 面とディスク表面とのなす角を θ (rad) とすると、図 6 に示すように電磁変換素子 2 と磁気ディスク表面 7 との距離は $t\theta$ に相当する長さだけ余分に離間することになる。ここで重要なことは電磁変換器のなかでも書き込むためのギャップ部分とディスクまでの距離が磁気ヘッドの出力特性に大きな影

響を持つことである。本明細書において、電磁変換器の記録ギャップ部の位置を電磁変換器の位置 t と規定する。一般に、 t は $20\mu\text{m}$ 程度である場合が多く、 θ を $5 \times 10^{-4} \text{ rad}$ とした場合には $t\theta$ の値は 10nm となり、図6に示す従来の磁気ヘッドでは電磁変換素子2とディスク表面7とは $t\theta$ の距離を隔てることになる。このように電磁変換素子2とディスク表面7との距離が大きくなってしまいう問題点があり、その解決が望まれていた。

【0007】本発明の目的は停止時におけるヘッドスライダーと磁気ディスクとの接触面積を低減させて、鏡面吸着が発生しない高い信頼性を確保しつつ、磁気ディスク回転時のヘッドギャップとディスク間の距離を小さく保つことのできる磁気ヘッドを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、スライダーのABS面の流入端側に段差を設けて磁気ディスク停止時の磁気ディスク表面との鏡面吸着を防止した磁気ヘッドにおいて、そのABS面とディスク表面とのなす角を θ (rad)、ABS面の流出端と電磁変換素子との距離を t とすると、 $t\theta$ の値を 5nm 未満とすることによって達成されるものである。図1にその原理を示す。ここでスライダー6のABS面6は突起または段差によりディスク表面に対して斜めになった状態で停止することからスライダーとディスク表面との接触面積が低減され、鏡面吸着の発生を防止することができる。一方、 $t\theta$ の値を 5nm 未満とすることで電磁変換素子とディスク表面との距離を最小限に止めることが可能である。この構成により電磁変換特性との両立を図ることも可能となる。ここで $t\theta$ を小さくするためには、特に電磁変換素子をABS面の流出端近くに配置することが有効である。スライダー6の流出端側にc部を設け、本発明をより効果的に引き出す構成をとっている。本発明を実施するための手段としては、ABS加工を行う際に正確に位置合わせを行って流出端の極近傍に電磁変換素子を配置させる方法だけでなく、イオンミリングもしくはFIBまたは機械加工等の手法を請求項4または請求項5に示す形状を実現しても良い。

【0009】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施例について詳細に説明する。

(実施例1) スライダー材として $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ を用い、サイズの非常に小さい50%の負圧スライダーをミリング法でABSを加工した。ミリング加工に際しては2つのマスクを用意して、まず本発明のひとつの特徴であるスライダーの凸部を形成した後に、キャビティ部をミリングして図2に示すような形状のスライダーを作成した。図2において、スライダーa部とスライダーb部の段差は $0.5\mu\text{m}$ に選び、段差部からスライダー流出端までの距離はおおよそ $1300\mu\text{m}$ とした。またスライ

ダーb部とキャビティ部15の段差は $4\mu\text{m}$ とした。さらに、スライダーの流出端をABS面に対して 0.5° の角度でC部を形成した。図3にその詳細を示す。C部とABS面の接合部と電磁変換素子から距離 t は約 $8\mu\text{m}$ であった。したがって本実施例において $t\theta$ の値は約 3.1nm となる。このスライダー表面にSi下地膜とCVDによるカーボン保護膜を合計 7nm 製膜して評価用の試料とした。

【0010】(実施例2) 実施例1と同様に $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ の50%負圧スライダーをミリング法でABSを加工して、本発明のひとつの特徴であるスライダーの凸部を有するスライダーを準備した。さらにこのスライダーを図4に示すようにFIBで電磁変換素子よりも流出端よりに $8\mu\text{m}$ の位置でABS面を削り取った。本実施例において $t\theta$ の値は約 3.1nm となる。このスライダー表面にSi下地膜とCVDによるカーボン保護膜を合計 7nm 製膜して評価用の試料とした。

【0011】(比較例1) 実施例1と同様に $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ の50%負圧スライダーをミリング法でABSを加工して、本発明のひとつの特徴であるスライダーの凸部を有するスライダーを準備した。このスライダーを図2のC部に加工を加えずにスライダー表面にSi下地膜とCVDによるカーボン保護膜を合計 7nm 製膜して評価用の試料とした。本比較例において電磁変換素子とABS面の流出端までの距離は $20\mu\text{m}$ であった。

【0012】(比較例2) 実施例1と同様に $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ の50%負圧スライダーをミリング法でABSを加工した。この際に本発明のひとつの特徴であるスライダーの凸部は形成せずに図5に示すようなABS面が同一平面上にあるスライダーを準備した。このスライダーを図2のC部に加工を加えずにスライダー表面にSi下地膜とCVDによるカーボン保護膜を合計 7nm 製膜して評価用の試料とした。

【0013】実施例及び比較例の各試料について室温 30°C 、相対湿度80%の環境下で初期状態での磁気ディスクとの静摩擦係数と5万回CSSを行った後の静摩擦係数を評価するとともに、周速 10m/sec での電磁変換素子における浮上量を測定した。摩擦係数の測定に使用した磁気ディスクは直径 95mm で保護膜として 15nm のカーボン膜を有し、表面に液体潤滑剤を 1.5nm 程度塗布してある。浮上量の測定はフェーズメトリック社のダイナミックフライングハイトテスターを使用した。それぞれの評価に際して各スライダーはバネ荷重 3.5gf のサスペンションに取り付けて評価を行った。

【0014】表1に静摩擦係数の値を示す。実施例1、実施例2及び比較例1の試料はテスト前後とも比較例よりも摩擦係数が小さく鏡面吸着の発生を防いでいることがわかる。これはスライダー面に段差を設けてディスクとの接触面積を減少させた効果と解釈できる。しかし、

実施例1、実施例2及び比較例1ではABS面がディスクに対して 4×10^{-4} rad程度と比較的大きな角度がついていると考えられる。このために電磁変換素子からスライダ流出端までの距離が比較的大きい比較例1では電磁変換素子における浮上量が高くなっていることがわかる。これに対して実施例1及び実施例2は電磁変換

素子からスライダ流出端までの距離を $8 \mu\text{m}$ と小さくしていることから、ABS面のディスクに対する傾きが電磁変換素子とディスク表面との距離に及ぼす影響が小さいことが確認された。

【0015】

【表1】

試料	初期摩擦係数	CSS後の摩擦係数	$t \theta$ (nm)	浮上量(nm)
実施例1	0.21	0.32	3.1	35.9
実施例2	0.23	0.35	3.1	35.6
比較例1	0.21	0.33	11.5	40.5
比較例2	0.98	2.12	—	32.1

【0016】以上の結果から、ディスク回転停止時にABSが磁気ディスク面に対して平行でないある角度 θ をもって接触させて鏡面吸着を軽減させたスライダにおいて、流出端と電磁変換素子との距離 t を小さくして $t \theta$ を 5 nm 未満とすることで浮上量の増大を防止できることがわかった。

【0017】

【発明の効果】本発明によれば、電磁変換素子における浮上量を増大させることなく鏡面吸着が無く静摩擦係数の小さな磁気ヘッドが得られ、長期にわたる信頼性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明する原理図。

【図2】本発明によるスライダの実施例。

【図3】本発明による流出端の構造図。

【図4】本発明による他の実施例。

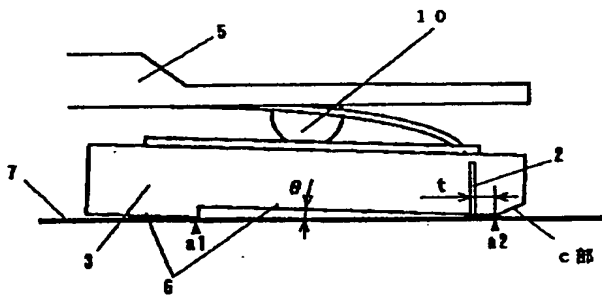
【図5】従来の磁気ヘッドの構成。

【図6】従来技術による鏡面吸着防止の構造。

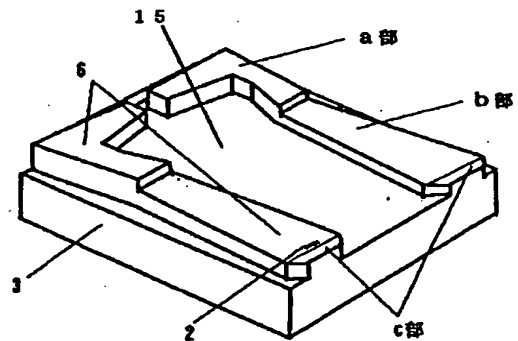
【符号の説明】

1 磁気ヘッド、2 電磁変換器、3 磁気ヘッドスライダ、4 ジンバル、5 スプリングアーム、6 ABS面、7 磁気ディスク表面、10 ピボット

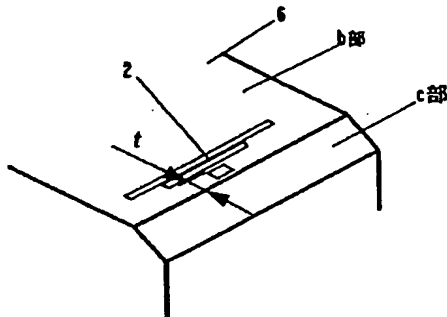
【図1】



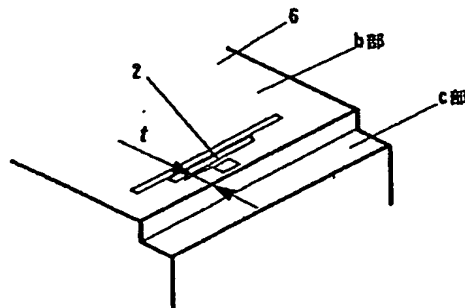
【図2】



【図3】



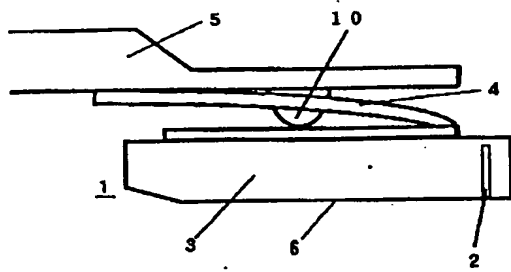
【図4】



(5)

特開平 1 1 - 1 8 5 4 1 8

【図 5】



【図 6】

